

МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЕ

Шабалов И. Г.; Назарько А. И., к.т.н.

*Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина*

Микроэлектромеханические системы (МЭМС) получили широкое распространение в смартфонах, системах наблюдения и контроля доступа, измерительных приборах. МЭМС все чаще приходят на замену таким устройствам как кварцевые резонаторы и датчики физических величин.

Среди достоинств таких систем можно выделить не только малые размеры, но и множество других преимуществ. Так, большинство МЭМС-датчиков имеют в своем составе модули предварительной обработки, коррекции или оцифровки сигналов, модули памяти и ввода-вывода. Технологические возможности производства МЭМС позволяют также добиться улучшения основных параметров для различных устройств.

Рассмотрим МЭМС-микрофон MP33AB01 фирмы ST Microelectronics: отношение сигнал/шум — 63 дБ, чувствительность на уровне -40 дБ и диапазон рабочих частот 100 Гц — 10 кГц [1]. Стоимость такого микрофона не сильно отличается от наиболее дешевых дискретных микрофонов современной компонентной базы.

Другим примером МЭМС является микросхема LIS3DSH от того же производителя. Это емкостный трехосевой акселерометр, который позволяет проводить измерения ускорения в пределах от ± 2 g до ± 16 g, с точностью от 0,06 мг до 0,73 мг соответственно (под g следует понимать стандартное ускорение свободного падения). Данные передаются с частотой от 3 Гц до 1,6 кГц по последовательному периферийному интерфейсу (SPI) или последовательному асимметричному интерфейсу (I²C). Все перечисленные параметры можно настроить, осуществив запись определенных значений в регистры памяти акселерометра. Помимо этого, акселерометр позволяет генерацию специального сигнала прерывания, к примеру, при превышении определенного значения ускорения. Микросхема имеет в своем составе конфигурируемый фильтр нижних частот для первичной обработки сигнала. Отличительной особенностью данного акселерометра является встроенный обработчик событий типа «клик» и «двойной клик». В микросхему LIS3DSH так же встроен датчик температуры [2].

Данная модель акселерометра получила широкое распространение в качестве элемента на ознакомительных платах микроконтроллеров, распространяемых производителем.

В рамках проводимых нами исследований данный акселерометр был установлен на отладочной плате микроконтроллера. После программного

«сброса» и отправки команд для установки предела измерения в ± 2 g, частоты обновления данных в 1,6 кГц, в последовательный интерфейс микроконтроллера поступают данные. Для более детального их анализа данные были перенаправлены на компьютер с помощью универсального асинхронного приемопередатчика (RS-232). Особый интерес представляет точность получаемых данных, поэтому плата с акселерометром была расположена в горизонтальном положении, что означает действие на нее ускорения свободного падения вдоль одной из осей. Согласно наименованию осей акселерометра, в данной конфигурации была выбрана ось Z, для которой ее направление совпадает с направлением вектора ускорения свободного падения. После получения компьютером 200 пакетов данных, они были переведены в значения ускорения. Полученное среднее значение ускорения составило 1,01 g. Более ценной в этом плане является информация об отклонении неусредненного значения. Отклонения Δg для всех пакетов данных представлены на рис. 1, где N – номер пакета данных.

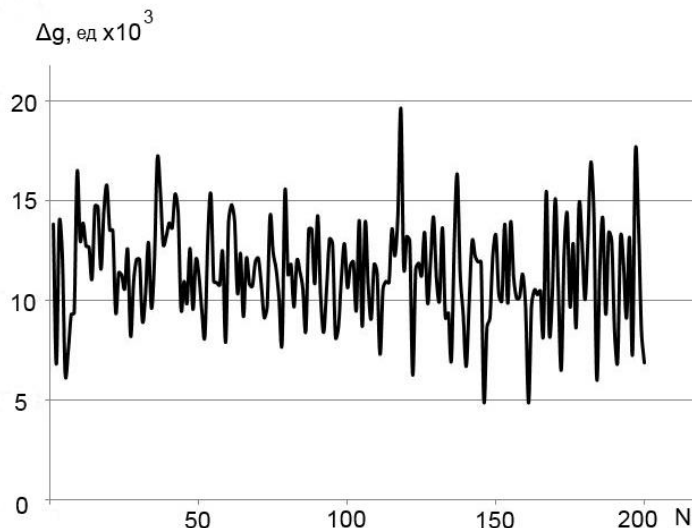


Рисунок 1. Зависимость отклонения данных акселерометра Δg для первых 200 пакетов данных

Характер незначительных отклонений Δg в полученной характеристике обусловлен не только ограниченной точностью самого датчика, но также и наличием некоторых вибраций, действующих на плату. На величину разброса значений ускорения свободного падения влияет также географическое положение и высота расположения датчика, которые различны в условиях эксплуатации и в условиях

заводской калибровки. Аналогичные исследования были проведены для осей X и Y, для которых были получены схожие результаты.

В данной модели акселерометра для удобства работы реализован режим калибровки и специальные регистры, которые позволяют добавлять постоянное смещение к данным со всех осей. Для повышения точности проводимых измерений зачастую применяют различные способы программной фильтрации полученных данных: метод «скользящего среднего», а также более сложные фильтры Меджвика или Калмана.

Для проверки работы микросхемы в условиях внешних механических воздействий, было проведено тестирование работы платы с акселерометром, расположенной на деревянной поверхности. Для чего, после запуска передачи данных на компьютер, совершались единичные слабые удары по поверхности вблизи платы, при зафиксированной при этом плате.

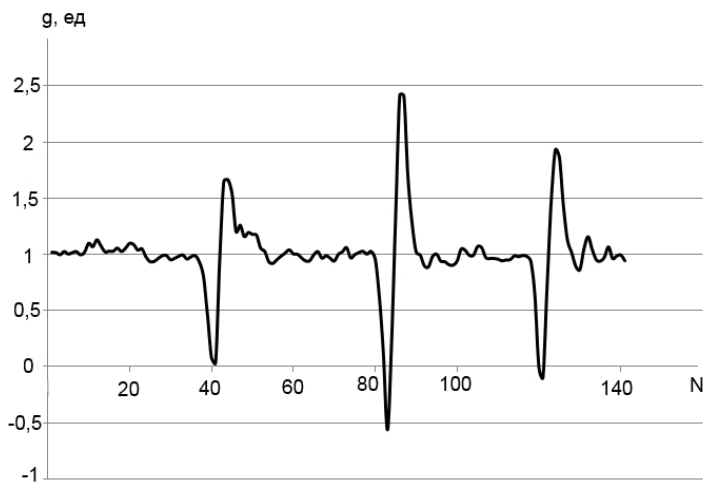


Рисунок 2. Зависимость ускорения в условиях слабых ударных воздействий

Полученная зависимость ускорения g по оси Z хорошо согласуется с ожидаемыми результатами: три характерных резонансных выброса соответствуют максимумам передачи ускорения плате по деревянной поверхности при совершаемых ударах с последующими процессами установления равновесного состояния.

Показания МЭМС акселерометра не уступают по точности и скорости показаниям оптического акселерометра, но являются самыми дешевыми из названных устройств.

Перелік посилань

1. MP33AB01 Datasheet [Електронний ресурс]: 2013. — С. 43. — Режим доступу до журн.: <http://www.st.com/resource/en/datasheet/mp33ab01.pdf>. — MEMS audio surface-mount bottom-port silicon microphone with analog output.
2. LIS3DSH Datasheet [Електронний ресурс]: 2015. — С. 12. — Режим доступу до журн.: <http://www.st.com/resource/en/datasheet/lis3dsh.pdf>. — MEMS digital output motion sensor: ultra-low-power high-performance three-axis "nano" accelerometer.

Анотація

Представлено переваги сучасних мікроелектромеханічних систем для використання у РЕА. Розглянуто приклад використання акселерометра для визначення прискорення коливань плати РЕА.

Ключові слова: МЭМС, мікрофон, акселерометр.

Аннотация

Представлены преимущества современных микроэлектромеханических систем для использования в РЕА. Рассмотрен пример использования акселерометра для определения ускорений колебаний платы РЕА.

Ключевые слова: МЭМС, микрофон, акселерометр.

Abstract

This article represents benefits of using modern microelectromechanical systems in radioelectronics Design. Article considers an example of using an accelerometer to determine the mechanical oscillation acceleration.

Keywords: MEMS, microphone, accelerometer.